この ALICE 実験チームでも、LHC の共同実験チームの中では小規模な部類だ。

社会学者が見たLHC：大型ヒューマン衝突型加速器

The Large Human Collider

ZEEYA MERALI 2010年3月25日号 Vol. 464 (482-484)

世界最大規模の共同実験 LHC（大型ハドロン衝突型加速器）に従事する物理学者たちは、社会学者にとって、極めて興味深い研究対象だ。

ここに滞在して 1 万人の物理学者を観察している彼らは、何を見たのだろう。

社会学の視点から研究共同体を見る

「皆さんを観察するために私はここに来ました」。2007 年、スイスのジュネーブ近郊にあるヨーロッパ素粒子物理学研究所（CERN）にやって来た人類学者の Arpita Roy は、大勢の素粒子物理学者の前でこう自己紹介した。そのとき科学者たちは、世界最大の実験装置である大型ハドロン衝突型加速器（LHC）の仕上げにおおわらわだった。

LHC は何世代もの物理学者の期待を背負っている。この衝突型加速器は、これまでにない高さのエネルギーまで粒子を加速できるよう設計されており、その粒子を衝突させることで、従来の科学が知らなかったさまざまな新しい粒子が生成することが期待されている。空前の人数の研究者が関与する LHC は、巨大な「人体実験」でもある。近年、社会学者、人類学者、歴史学者、哲学者

が CERN にやって来て、ここに集まった大勢の物理学者が互いに衝突し、反発し、時に爆発するようすを観察するようになった。

ヴッパータール大学（ドイツ）の素粒子物理学者・物理哲学者である Arianna Borrelli は、「LHC は、1 つの実験の展開をリアルタイムに観察するという、類例のない社会学的研究を可能にします。この研究を通じて、大規模プロジェクト

に参加する研究者たちがどのようにして見解をまとめ、技術的な判断を下し、知見を伝えていくかを明らかにできるからです」と語る。

CERN の研究部長 Sergio Bertolucci は、共同実験における団結の重要性を強く感じている。「途方もない社会実験です」。LHC 実験には世界各国から約 1 万人の物理学者が参加しており、そのうちの 2250 人が CERN に直接雇用されている。Bertolucci は、自分が共同で管理に当たっている規模を考えるだけで頭が痛くなるという。「3000 人もものスタッフがクリスマスに家に帰れるかどうか前もって知りたがっている場合、どんな組織が必要なのか、想像してみてくださいよ」。

2008 年 9 月に LHC は稼働を始めたが、わずか 1 週間余りで電気接続の欠陥によって爆発が起り、プロジェクトは 14 か月にわたって中断した。この失敗で、特に学位がかかっている大学院生たちの意気消沈ぶりが大きかったと Roy はいう。「このエキゾチックな共同体の言語とタブーと儀式」を観察するために、3 年にわたって CERN での短期滞在を繰り返している彼女自身、カリフォルニア大学バークレー校（米国）の大学院生なのだ。

LHC は 2009 年 11 月に再稼働したが、計画では、2 年間データを収集したら 2012 年に 1 年間運転を停止し、アップグレードを行うことになっている。4 月の予定より早く、3 月 30 日には 7 テラ電子ボルト (TeV; 1 兆電子ボルト) での衝突実験を開始した。

高エネルギーを達成するため、LHC は 2 本の陽子ビームを光速に近い速度まで加速してから、地下にある一周 27km のトラックに送り込み、互いに逆方向に周回させる。ビームはリング上の 4 つの場所で交差し、それぞれの衝突ゾーンを取り囲む巨大な粒子検出器の中で、何が起こったのか、その正体を現す。特に大規模な検出器は ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus) と CMS (Compact

Muon Solenoid) で、どちらも大きさはちょっとしたマンションほどあり、研究チームのメンバーは約 3000 人もいる（日本人研究者約 100 人も ATLAS に参加している）。

巨大化する共同実験チーム

衝突型加速器の世代交代が起こるたびに、共同実験の規模は飛躍的に拡大してきた（次ページのグラフ参照）。この傾向は、人間の相互作用に興味をもつ研究者には非常に都合がよい。複数世代にわたって成長を見続けてきた数少ない社会学者の 1 人が、コンスタンツ大学（ドイツ）の Karin Knorr Cetina だ。彼女は約 30 年にわたって CERN の共同実験チームを研究対象にしてきた。

Knorr Cetina が最初に CERN を訪れたとき、加速器はもっと小さく、検出器チームの規模は今日の 1/10 にも満たなかった。「当時は、100 人もいれば巨大チームと考えられました」と振り返る。彼女は物理学者たちから「好意的な困惑」をもって迎えられた。協力的ではあったが、社会学者を「真の科学者のできの悪い親戚」のようにみたのだ。

Roy は、物理学者たちのそうした態度は今も変わらないと指摘する。「なんというか、物理学者は職業的に、人を小馬鹿にするとところがあるんですね」。

社会学者たちは、ある集団を研究する場合、その文化に飛び込んで信用を勝ち取り、調べを進めていく。Knorr Cetina もこのアプローチで、CERN の数千人の研究者たちが平和を維持する仕組みを解明した。

彼女は当初、「製造業や政府といった複雑な組織と同じ指揮系統があるのだろう」と考えていた。しかし、CERN にそうした階層構造はみられなかった。高い地位を占めるスポークスマンはいらぬものの、検出器の各構成要素につき、高度に専門化したチームがたくさんあるため、トップダウン式的意思決定が行われることはない。CERN には製造業のモデルは当てはまらぬと Knorr Cetina はい

う。「これほど大規模になると、1 人の人間が技術的判断を下すことは絶対にできないからです」。

CERN の型破りな構造は、その歴史と哲学にも関係している。この研究所は、戦争でばらばらになったヨーロッパをまとめ上げるために、1954 年にスイスとフランスの国境に設立された。「ここは国際的な共同実験をするための場所であり、各国の思惑よりも科学が優先されるのです」と Bertolucci。とはいえこれは理想であり、実際に研究を進めていけば、緊張した場面に出くわすこともある。「逆説的なのは、科学は民主的ではないという点です。だれが正しいのかを決めるときに、私たちは投票をしたり多数決を取ったりしないからです」。

製造業のモデルが当てはまらず、民主主義にも基づいていないとすれば、CERN はどんな組織構造になっているのだろうか。「CERN は原始共同体（コミュン）として機能している」と Knorr Cetina はいう。ここに集まる素粒子物理学者たちは、個人よりすばらしい全体のために働こうと、喜んで家を出て、その個性を捨て去っているのだ。CERN には独自のレストラン、郵便局、銀行およびその他の施設がある。「ジュネーブは近いですが、わざわざそこまで行かなくても、CERN の中でずっと生活しつづけることができます。彼らはいわば、逃れられない『認識の小世界』の中に住んでいるのですが、逃げようとも思っていないのです」と Knorr Cetina はいう。

ATLAS 共同実験のボスドクである Kevin Black も、「実際、世界中から多くの人々が集まって、共通の目標に向かって努力しているこの研究所にいますと、原始共同体にいるような感覚をもちます」という。

アイデンティティを犠牲にする

CERN のキャンパス周辺の雰囲気はよく、2 か所あるレストランは、世界中の物理学研究機関の食堂の中でも最高水準の料理を出す評判だ。しかし、数千人

の物理学者をこの原始共同体に参加させるには、くつろぎと、新しい粒子を発見できるという約束以上のものが必要であろう。Knorr Cetina によると、この共同実験は、物理学者たちが LHC のために自分のアイデンティティを犠牲にさせるような組織構造になっているという。

その実例として、彼女は、結成当時から見てきた ATLAS 実験チームの発展の歴史を説明した。ATLAS 実験は LHC で最大の共同実験であり、1980 年代後半に CERN の古い世代の実験チームの残りのメンバーを集めて結成された。チームは、ヒッグス粒子（他の素粒子に質量を獲得させるために仮定された粒子）の発見などをめざした。

ATLAS チームが発足して間もないころ、LHC の幹部は、さまざまな大学や研究所に所属する互いにライバル関係にあるグループの提案の中から、検出器の設計を選択しなければならなかった。どの技術を用いるべきかの決定は、専門家委員会に任せるのが最も明白で効率的な戦略だと思われるかもしれない。しかし、Knorr Cetina によると、ATLAS チームのやり方は違っていた。

彼らが採用したのは、骨の折れるやり方だった。ライバル関係にあるグループに自分たちの設計を何度も検証させることで、最終的に全員が 1 つの案に同意できるようにしたのである。こうすることで、提案が受け入れられなかったグ

ループが疎外されたり、検出器の建設に必要な人員が失われたりするような事態を回避できた。「各グループに敗北を受け入れさせながら、共同実験への関与を続けさせる、という手法は、とても興味深い戦略です」と Knorr Cetina はいう。

この過程には長い時間がかかり、必然的に工事は遅れた。遅れは物理学者を苛立たせたにちがいないが、少なくともいくつかのケースでは、共同研究チームを団結させるために必要だったと Knorr Cetina は語る。

CMS 実験の副スポークスマンである Albert de Roeck は、この戦略の背景には、ほかにも現実的な理由があるという。「スポークスマンは共同実験チームの『ボス』だと考えられていますが、実際には、私たちが専制的な決定を下すことはできないのです」と彼はいう。製造業なら、上層部の決定に同意せず、与えられた仕事を拒否する作業員は解雇できるかもしれないが、LHC の共同実験チームではそうはいかない。なぜなら「私たちの実験では、物理学者の雇い主は共同実験チームではなく、大学であることが多い」からだ。

ジョージア工科大学（米国アトランタ）の歴史学者で、ATLAS 実験チームが結成される前に CERN で共同実験の組織構造を研究していた John Krige も、CERN では単純なトップダウン式の意思決定はみられなかったという。ただ

し、彼はこれを原始共同体（コミュニケーション）とよぶことには懐疑的だ。共同実験チームがコミュニケーションなら、メンバー間の競争がほとんどないことになってしまうが、実際はむしろ、検出器のさまざまな構成要素を迅速かつ効率よく開発しようとする下位グループ間の健全な「組織的競争」の上に成り立っているからだ。

LHC が稼働し始めた今、共同実験チームの内部では、個人よりも共同体を優先する体制が強化され、物理学者は研究成果を自分個人のものにできないようになっていてと Knorr Cetina はいう。実験結果に関する論文はすべて、数千人の共同研究者の名前を国ごとにアルファベット順に掲載しなければならず、研究の本当のまとめ役が誰なのか、ほとんどわからないようになっているのだ。

Knorr Cetina は分子生物学者の研究生活についても研究しているが、「論文発表を巡って熾烈な競争が繰り返され、発表した論文によって評価が決まる生物学分野では、このようなことはありえません」という。

教育研究組織 TERC（米国マサチューセッツ州ケンブリッジ）の社会学者 Maria Ong は、「科学物語の多くは、非凡な才能をもつ個人を主人公にしています。ノーベル賞でさえ、共同受賞できるのは 3 人までです。LHC はその驚くべき反例なのです」という。

査読はできるのか？

ハーバード大学（米国マサチューセッツ州ケンブリッジ）の歴史学者 Peter Galison は、「論文の共同執筆は、素粒子物理学における知識の構築に対して疑問を生じさせている」と指摘する。今年の 2 月、CMS 実験チームは、LHC のデータの分析に基づく最初の論文を発表した (CMS Collaboration *J. High Energy Phys.* doi: 10.1007/JHEP02(2010)041; 2010)。最初の衝突実験で生成したエキゾチック粒子（中間子）の個数が、予想より多いことがわかったのだ。この論文には、合計 2200 ～ 2300 人の執筆者の

共同研究の規模の増大

過去35年間で、高エネルギー物理学の実験チームの規模は2桁も大きくなった。

名前が15ページにわたって列挙されていた(厳密な人数は、共同実験のリーダーも把握していない)。

「この論文に書かれている内容のすべてを理解している執筆者が、1人でもいるのでしょうか」とGalisonはいう。彼はまた、このようにして生み出された論文を査読できる外部の人間がいるのだろうか、とも問いかける。「この段階になると、本当の意味で論文を査読できる人間は共同実験チームの中にしかいない、という状況になってしまうのです」。

素粒子物理学の共同実験の規模は、必然的にピアレビューに影響を及ぼしている、とde Roeckはいう。CMSの論文は、内部での査読過程で数か月にわたり厳しくチェックされ、書き直されてきた。これに対して、*Journal of High Energy Physics*の外部の専門家によるピアレビューは、わずか4日で通過してしまった。「論文誌に発表するための外部専門家によるピアレビューは、以前ほど重要ではなくなっています。私たちの内部のピアレビューのほうが、はるかに厳しく行われているからです」と彼はいう。

共同実験の強みは共同体の利益を重視する体制に由来しているが、ただし、最近の技術の進歩が、この体制をゆがめる可能性はある。ブログを使って個人的に情報を発信する素粒子物理学者が増えてきているからだ。CERNのスポークスマンであるJames Gilliesは、自分たちはブログの検閲はしたくないといっているが、CERNでは、実験結果に言及することが許される時期に、厳格なガイドラインが設けられている。

こうしたガイドラインがあっても、Borrelliらは、CERNにおけるブログの流行(と、おそらくは公式に発信される情報との緊張関係)を詳細に追跡することになるだろう。Borrelliをはじめとする20人以上の歴史学者、哲学者、社会学者からなるチームは、今年、ドイツ研究振興協会(DGF)から資金提供を受けて、この研究に着手する予定だ(彼女は冗談めかして、これを「人

ATLAS 実験チームは巨大な原始共同体に似ている。メンバーは一緒に仕事をし、食事をし、パーティーをする。

文科学における大規模共同研究チーム」とよんでいる)。

「この研究では、LHCのような大規模プロジェクトの中で知識が伝わっていく仕組みをリアルタイムで研究することになります」とBorrelliはいう。特に、オンラインレポジトリ www.arXiv.org を通して論文を直接発表できるようになった点に注目している。ここには、査読を受けていない高エネルギー物理学のプレプリントが毎日約100件も投稿されており、オープンアクセスになっている。「物理学者たちは、この膨大な情報の中からいかにして論文を選び出し、流れに適應しているのでしょうか」。

異常なストレス

社会科学者は、大規模な共同研究が個々の物理学者にどのような影響を及ぼすかを評価するために、科学者の職業生活だけでなく私生活にも目を向けている。Knorr Cetinaは言う。「多くの素粒子物理学者が、自分の行為のせいでプロジェクトが失敗するという悪夢に苦しめられています。このような悪夢は、自分のことを鎖の輪の1つとしてとらえている人が多く見るものです。彼らは自分を個人としてみていないようです」。

理由の1つは、検出器との一体感が強いからだ(K.Knorr Cetina *Interdiscipl. Sci. Rev.* 32, 361-375; 2007)。彼らは、装置を擬人化していて、検出器が壊れると、愛する肉親が死んでしまったような衝撃を受けるという。こんな話は、他分野の実験研究者にはみられない。

LHCの物理学者がプレッシャーにさらされていることは、de Roeckも認める。自分たちのミスによって数千人の仲間を失望させるようなことはしたくないと思っているからだ。でも、「物理学者が精神に異常をきたし、検出器を友人と勘違いして話しかけているわけではないんですよ」と笑う。

物理学者たちは既に次世代の粒子加速器の計画を立てている。けれども、それらの加速器が社会科学者の研究対象を広げることは、多分ないだろう。「規模がもう一段階大きくなり、2万5000人の物理学者が参加するような時代は来ないでしょう」とGalison。「高エネルギー物理学は、共同研究者の人数の点では、既に限界に達しているからです」。

(翻訳：三枝小夜子)

Zeeya Merali はロンドン在住のフリーランスのライター。